



⑯ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑰ Offenlegungsschrift  
⑯ DE 101 24 055 A 1

⑯ Int. Cl. 7:  
G 01 N 21/61  
G 01 N 21/03

⑰ Anmelder:  
Fisher-Rosemount MFG GmbH & Co. OHG, 63594  
Hasselroth, DE

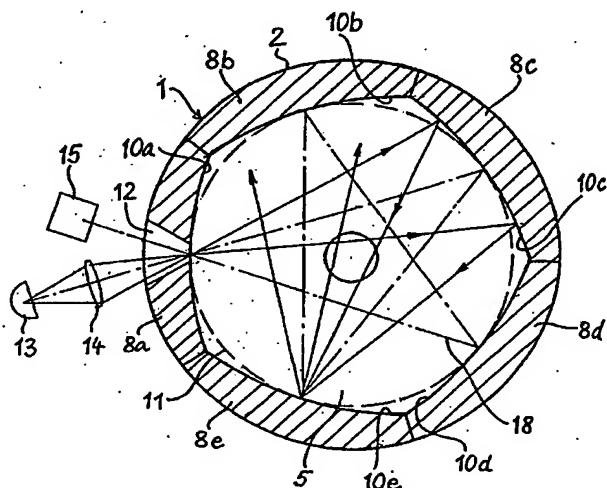
⑰ Vertreter:  
L. Haar und Kollegen, 61231 Bad Nauheim

⑰ Erfinder:  
Krause, Hans, Dipl.-Ing. Dipl.-Phys. Dr., 61231 Bad  
Nauheim, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑯ Gerät zur optischen Untersuchung von Gasen

⑯ Bei einem Gerät zur optischen Untersuchung von Gasen mit einer einen gebündelten Lichtstrahl erzeugenden Lichtquelle (13), einer Küvette (1) mit einer Meßkammer (5), die das zu untersuchende Gas aufnimmt, wenigstens ein Fenster (12) für den Ein- und Austritt des gebündelten Lichtstrahls aufweist und mehrere den Lichtstrahl reflektierende Hohlspiegel hat, und mit einem Detektor (15), der den aus der Meßkammer (5) austretenden Lichtstrahl empfängt und ein Meßsignal erzeugt, sind in der Meßkammer (5) mehrere Hohlspiegel mit sphärischer Spiegelfläche (10a bis 10e) rotationssymmetrisch um eine Mittelachse (9) angeordnet, wobei die Kugelmittelpunkte der Spiegelflächen (10a bis 10e) auf einem gemeinsamen, die Spiegelflächen (10a bis 10e) berührenden Innenkreis (11) liegen und wobei der in die Meßkammer eintretende Lichtstrahl derart auf eine Spiegelfläche (10c) gerichtet wird, daß sein Reflexionsstrahl im Zentrum einer zweiten Spiegelfläche (10e) fokussiert wird. Im Vergleich zur Abmessung der Küvette lässt sich hierdurch eine große Absorptionslänge erzielen.



DE 101 24 055 A 1

DE 101 24 055 A 1

## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Gerät zur optischen Untersuchung von Gasen mit einer einen gebündelten Lichtstrahl erzeugenden Lichtquelle, einer Küvette mit einer Meßkammer, die das zu untersuchende Gas aufnimmt, wenigstens ein Fenster für den Ein- und Austritt des gebündelten Lichtstrahls aufweist und mehrere den Lichtstrahl reflektierende Hohlspiegel hat, und mit einem Detektor, der den aus der Meßkammer austretenden Lichtstrahl empfängt und ein Meßsignal erzeugt.

[0002] Geräte der angegebenen Art dienen zur absorptionspektrometrischen Bestimmung eines oder mehrerer Gase in einem Gasgemisch. Hierbei wird die selektive Absorption von Strahlung einer bestimmten Wellenlänge durch bestimmte Gase im Ultravioletten, Sichtbaren und Infraroten gemessen. Die Gestaltung der Geräte wird von zwei gegensätzlichen Forderungen bestimmt. Um eine hohe Meßempfindlichkeit zu erzielen, soll einerseits die Absorptionslänge des Lichtstrahls möglichst groß sein. Andererseits ist man bestrebt, das Volumen der Meßkammer klein zu halten, damit das Gas in der Meßkammer in möglichst kurzer Zeit ausgetauscht werden kann.

[0003] Zur Erzielung großer Absorptionslängen sind Geräte mit einer mehrfach Reflexions- oder Langwegsmeßzelle bekannt. Hierbei wird mit in die Meßzelle eingebauten Hohlspiegeln, die einander gegenüberliegend angeordnet sind, ein auf den Eingangsspalt der Meßzelle fokussierter Eingangstrahl mehrfach reflektiert, bevor er die Meßzelle durch einen Ausgangsspalt verläßt und auf den Detektor trifft. Die Meßzellen dieser bekannten Geräte haben eine große Baulänge und benötigen ein vergleichsweise großes Kamervolumen mit entsprechend langer Spülzeit.

[0004] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Gerät der eingangs genannten Art mit einer Meßkammer zu schaffen, die sich bei großer Absorptionslänge durch kompakte Abmessungen und ein kleines Kamervolumen mit entsprechend kurzer Spülzeit auszeichnet.

[0005] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch ein Gerät der eingangs genannten Art gelöst, bei welchem in der Meßkammer wenigstens drei Hohlspiegel mit sphärischer Spiegelfläche rotationssymmetrisch um eine Mittelachse angeordnet sind, wobei die Kugelmittelpunkte der Spiegelflächen auf einem gemeinsamen, die Spiegelflächen berührenden Innenkreis liegen, wobei der in die Meßkammer eintretende Lichtstrahl derart auf eine Spiegelfläche gerichtet wird, daß sein Reflexionsstrahl im Zentrum einer zweiten Spiegelfläche fokussiert wird.

[0006] Bei der erfindungsgemäßen Meßzelle wird der Lichtstrahl an den Spiegelflächen im Wechsel defokussiert und fokussiert reflektiert, wobei der Lichtstrahl die Meßkammer zwischen Eingang und Ausgang bei geradzahliger Spiegelflächenzahl einmal und bei ungeradzahliger Spiegelflächenzahl zweimal pro Spiegelfläche quert. Bei einer Meßkammer mit drei Spiegelflächen ergeben sich somit sechs Strahldurchgänge durch die Meßkammer, bei einer mit fünf Spiegelflächen zehn usw..

[0007] Da die Spiegelflächen bei der erfindungsgemäßen Meßzelle rotationssymmetrisch angeordnet sind, läßt sich somit bei kompakten äußeren Abmessungen eine vergleichsweise große Absorptionslänge erzielen. Das Kamervolumen der Küvette bleibt hierbei im Vergleich zur Absorptionslänge außerordentlich klein, so daß sich kurze Spülzeiten erreichen lassen. Die erfindungsgemäße Küvette läßt sich als symmetrischer Rotationskörper einfach und kostengünstig herstellen. Beispielsweise kann die Küvette aus einfachen Formteilen bestehen, die sich sowohl aus Glas als auch im Spritzgieß- oder Spritzpreßverfahren aus Kunststoff

kostengünstig herstellen lassen. Ist hohe Beständigkeit gegen aggressive Gase gefordert, so kann zur Herstellung der Meßkammer auch Glaskohlenstoff verwendet werden.

[0008] Vorzugsweise ist die Küvette so gestaltet, daß die Kugelmittelpunkte der Spiegelflächen in der Mittelebene der Meßkammer liegen. Für manche Anwendungen kann es hingegen auch vorteilhaft sein, wenn die Kugelmittelpunkte der Spiegelflächen auf einer die Meßkammer begrenzenden ebenen Seitenwand liegen und die Seitenwand eine zweite in der genannten Ebene liegende Reflexionsfläche aufweist, die sich von den Spiegelflächen radial nach innen erstreckt. Bei dieser Ausgestaltung ist die Zahl der Reflexionsstellen des Lichtstrahls bezogen auf die Absorptionslänge und damit der Intensitätsverlust der Strahlung größer, es ergeben sich aber bauliche Vorteile, zum Beispiel bei der Gestaltung von Meßkammern für Zweistrahlgeräte.

[0009] Um das Meßkammervolumen und damit die Spülzeit noch weiter zu verringern, kann der Eingangsstrahl so auf eine Spiegelfläche gerichtet sein, daß der Strahlengang nur in einer an die Spiegelflächen angrenzenden Ringzone verläuft und eine innerhalb der Ringzone befindliche Kernzone ausgespart bleibt, wobei die Kernzone durch eine die Meßkammer begrenzende Ringwand von dieser abgetrennt ist. Durch diese Gestaltung kann die Meßkammer um das Volumen der Kernzone ohne Nachteil für die Absorptionslänge verkleinert werden.

[0010] Zum Zuführen und Abführen des zu untersuchenden Gases können entweder auf einer Seite oder auf gegenüberliegenden Seiten der Meßkammer Öffnungen vorgesehen sein. Liegen die Öffnungen in der Mitte der Kugelzone einander gegenüber, so kann zwischen den Öffnungen in der Meßkammer ein Leitkörper zum Umlenken des Gasstroms angeordnet sein, um eine gute Durchspülung der Meßkammer mit dem zu untersuchenden Gas zu erreichen.

[0011] Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert, das in der Zeichnung dargestellt ist. Es zeigen

[0012] Fig. 1 einen Querschnitt einer erfindungsgemäßen Küvette mit fünf Hohlspiegeln,

[0013] Fig. 2 einen Längsschnitt der Küvette gemäß Fig. 1,

[0014] Fig. 3 eine schematische Darstellung des Strahlengangs bei einer erfindungsgemäßen Küvette mit neun Hohlspiegeln und

[0015] Fig. 4 einen Querschnitt einer erfindungsgemäßen Küvette mit zwei Meßkammern.

[0016] Die in den Fig. 1 und 2 dargestellte Küvette 1 hat die Form einer hohlen zylindrischen Scheibe, die aus einer Ringwand 2 und diese auf gegenüberliegenden Seiten bedeckenden Platten 3, 4 gebildet ist und eine Meßkammer 5 zur Aufnahme des zu untersuchenden Gases umschließt. Eintrittsöffnungen 6 in der Platte 3 und eine zentrale Austrittsöffnung 7 in der Platte 4 dienen zur Zu- und Abfuhr des Gases. Die Ringwand 2 ist aus fünf einander gleichenden Wandelementen 8a, 8b, 8c, 8d, 8e zusammengesetzt, die rotationssymmetrisch zur Mittelachse 9 der Küvette 1 angeordnet sind. Die der Meßkammer 5 zugekehrten Seiten der Wandelemente 8a bis 8e bilden fünf Hohlspiegel mit sphärischen Spiegelflächen 10a, 10b, 10c, 10d, 10e, deren Mittelpunkte auf einem die Spiegelflächen 10a bis 10e berührenden Innenkreis 11 liegen, der sich in der Mittelebene zwischen den Platten 3, 4 der Küvette 1 befindet. Der Durchmesser des Innenkreises 11 ist somit gleich dem Radius der Spiegelflächen 10a bis 10e. In der Mitte des Wandelements 8 befindet sich ein Fenster 12, durch das ein von einer Lichtquelle 13 erzeugter und mittels einer Linse 14 fokussierter Lichtstrahl in die Meßkammer 5 eintreten und auf einen Detektor 15 gerichtet diese wieder verlassen kann. Die die Meßkammer 5

begrenzenden Flächen 16, 17 der Platten 3, 4 haben entweder eine Licht reflektierende oder eine Licht absorbierende Oberfläche.

[0017] Wie in Fig. 1 gezeigt, wird der eintretende Lichtstrahl auf die Mitte der Spiegelfläche 10c gerichtet und auf die Fensteröffnung in der Spiegelfläche 10a fokussiert, so daß nach dem Prinzip des Rowland-Kreises der von der Spiegelfläche 10c reflektierte Lichtstrahl auf das Zentrum der Spiegelfläche 10e fokussiert wird. Der von der Spiegelfläche 10e reflektierte Strahl trifft defokussiert auf die Spiegelfläche 10b und wird von dieser fokussiert ins Zentrum der Spiegelfläche 10d reflektiert. Die Spiegelfläche 10d reflektiert den Strahl defokussiert auf die Spiegelfläche 10a, wobei nur ein geringer Anteil des Strahls durch das Fenster 12 den Detektor 15 erreicht, der Lichtstrahl im übrigen aber von der Spiegelfläche 10a fokussiert auf die Spiegelfläche 10c reflektiert wird. Es folgt nun eine zweite Reflexion des Lichtstrahls an den Spiegelflächen 10b bis 10e entsprechend der sternförmig verlaufenden Mittelstrahllinie 18, wobei der Fokus jedoch jeweils auf den Spiegelflächen liegt, die den Lichtstrahl bei der ersten Reflexion defokussiert empfangen haben. Entsprechend gelangt der Lichtstrahl nach insgesamt 9-facher Reflexion an den Spiegelflächen 10a bis 10e fokussiert und in einem Winkel zum Eingangsstrahl in die Fensteröffnung des Fensters 12, so daß er von dem dahinter liegenden Detektor 15 empfangen werden kann. Der Lichtstrahl hat hierbei die Meßkammer 5 in unterschiedlichen Richtungen insgesamt zehnmal durchquert, wobei die Absorptionslänge der doppelten Länge der sternförmigen Mittelstrahllinie 18 entspricht. Bei einem Inkreisdurchmesser von 100 mm wird mit der beschriebenen Küvette eine Absorptionslänge von 950 mm erreicht.

[0018] Wie das beschriebene Beispiel zeigt, quert bei den erfundungsgemäß gestalteten Küvetten der Lichtstrahl die Meßkammer mit einer dem zweifachen der vorhandenen Spiegelflächen entsprechenden Zahl. Durch Erhöhung der Anzahl der Hohlspiegel kann somit bei gleichen Außenabmessungen der Meßkammer die Absorptionslänge erhöht werden. Fig. 3 zeigt den Strahlengang am Beispiel einer Küvette mit neun Spiegelflächen 10a bis 10i. Aus Gründen der einfacheren Darstellung wurde in der Zeichnung die von dem Inkreis abweichende Krümmung der Spiegelflächen ignoriert. Der Eingangsstrahl wird bei dem dargestellten Beispiel defokussiert auf die Spiegelfläche 10c gerichtet und von dieser auf die Spiegelfläche 10e fokussiert reflektiert. Die Reflexion setzt sich fort, indem der Lichtstrahl im Wechsel defokussiert und fokussiert die jeweils übernächste Spiegelfläche trifft, bis er nach 19 Querungen die Meßkammer durch das Fenster an der Spiegelfläche 10a wieder verläßt. Bei einem Inkreis von 100 mm ergibt sich hierbei eine Absorptionslänge von 1157 mm. Wie die Darstellung zeigt, verläuft bei dieser Lenkung des Lichtstrahls der Strahlengang ausschließlich in der äußeren Ringzone der Meßkammer, während das Zentrum der Meßkammer vom Strahlengang unberührt bleibt. Die Meßkammer kann daher durch eine das Zentrum aussparende Ringwand erheblich verkleinert werden, wodurch das Verhältnis von Kamervolumen zu Absorptionslänge noch günstiger wird.

[0019] Bei der Anordnung von neun Spiegelflächen besteht auch die Möglichkeit, den Eingangsstrahl auf die Spiegelfläche 10d oder 10e zu richten. Da die Länge der einzelnen Strahlabschnitte zwischen zwei Spiegelflächen hierbei deutlich größer ist, ergibt sich auch eine entsprechend größere Absorptionslänge, wobei allerdings für eine Aussparung im Zentrum der Meßkammer kein nennenswerter Freiraum bestehen bleibt. Bei einem Inkreisdurchmesser von 100 mm lassen sich dann Absorptionslängen von 1577 mm bzw. 1775 mm erzielen.

[0020] Fig. 4 zeigt eine Küvette 19, die in eine Meßkammer 20 und eine Referenzkammer 21 unterteilt ist. Beide Kammern 20, 21 enthalten 7 sphärische Spiegelflächen 22, 23, die mit ihrem Äquator an eine die Kammern 20, 21 voneinander trennende ebene Mittelwand 24 angrenzen. Wie bei den vorangegangenen Beispielen sind auch hier die Mittelpunkte der Spiegelflächen 22, 23 auf einem den Äquator der Spiegelflächen berührenden Inkreis angeordnet. Die Mittelwand 24 ist auf beiden Seiten mit einer spiegelnden Oberfläche versehen. Im Zentrum der Kammern 20, 21 ist jeweils ein zylindrischer Körper 25, 26 angeordnet, durch den das Kamervolumen verkleinert wird. Meßgas und Referenzgas werden über Anschlußstutzen 27, 28 zu- bzw. abgeführt.

[0021] Bei der Küvette 19 werden die durch Fenster 29, 30 in die Kammern 20, 21 eintretenden Lichtstrahlen so in Richtung der Mittelwand 24 gelenkt, daß sie durch Reflexion an den von der Mittelwand 24 gebildeten Spiegelflächen auf die jeweils übernächste sphärische Spiegelfläche 22 bzw. 23 fallen. Die Zahl der Reflexionsstellen ist daher entsprechend höher.

[0022] Die Erfindung ist nicht auf die beschriebenen Ausführungsbeispiele beschränkt. Insbesondere ist es auch möglich, den Lichtstrahl über seitliche, beispielsweise in den Platten 3, 4 angeordnete Fenster mit Hilfe von in der Meßkammer vorgesehenen Umlenkspiegeln ein oder auszukoppeln. Weiterhin können die Hohlspiegel als separate Bauelemente ausgeführt sein, die getrennt von den Wandelementen oder einer anders gestalteten Küvettenwand hergestellt werden und entsprechend ausgerichtet in die Küvette eingesetzt und dort befestigt werden.

#### Patentansprüche

1. Gerät zur optischen Untersuchung von Gasen mit einer einen gebündelten Lichtstrahl erzeugenden Lichtquelle, einer Küvette mit einer Meßkammer, die das zu untersuchende Gas aufnimmt, wenigstens ein Fenster für den Ein- und Austritt des gebündelten Lichtstrahls aufweist und mehrere den Lichtstrahl reflektierende Hohlspiegel hat, und mit einem Detektor, der den aus der Meßkammer austretenden Lichtstrahl empfängt und ein Meßsignal erzeugt, dadurch gekennzeichnet, daß in der Meßkammer (5) wenigstens drei Hohlspiegel mit sphärischer Spiegelfläche (10a bis 10e) rotationssymmetrisch um eine Mittelachse (9) angeordnet sind, wobei die Kugelmittelpunkte der Spiegelflächen (10a bis 10e) auf einem gemeinsamen, die Spiegelflächen (10a bis 10e) berührenden Inkreis (11) liegen und wobei der in die Meßkammer eintretende Lichtstrahl derart auf eine Spiegelfläche (10c) gerichtet wird, daß sein Reflexionsstrahl im Zentrum einer zweiten Spiegelfläche (10e) fokussiert wird.
2. Gerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßkammer eine aus Wandelementen (8a bis 8e) zusammengesetzte Ringwand aufweist, wobei jedes Wandelement (8a bis 8e) einen Hohlspiegel trägt.
3. Gerät nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Kugelmittelpunkte der Spiegelflächen (10a bis 10e) in der Mittelebene der Meßkammer (5) liegen.
4. Gerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Kugelmittelpunkte der Spiegelflächen (22, 23) auf einer die Meßkammer (5) begrenzenden ebenen Seitenwand (24) liegen und die Seitenwand (24) eine zweite in der genannten Ebene liegende Reflexionsfläche aufweist, die sich von den Spiegelflächen (22, 23) radial nach innen erstreckt.

5. Gerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Eingangsstrahl so auf eine Spiegelfläche gerichtet sein, daß der Strahlengang nur in einer an die Spiegelflächen angrenzenden Ringzone verläuft und eine innerhalb der Ringzone befindliche Kernzone ausgespart bleibt, wobei die Kernzone durch eine die Meßkammer begrenzende Ringwand von dieser abgetrennt ist.

6. Gerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Lichtstrahl durch ein im Zentrum einer Spiegelfläche angeordnetes Fenster (12) in die Meßkammer (5) eingekoppelt oder aus ihr ausgekoppelt wird.

7. Gerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Lichtstrahl mit Hilfe von Umlenkspiegeln quer zur Inkreisebene in die Meßkammer eingekoppelt oder aus ihr ausgekoppelt wird.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

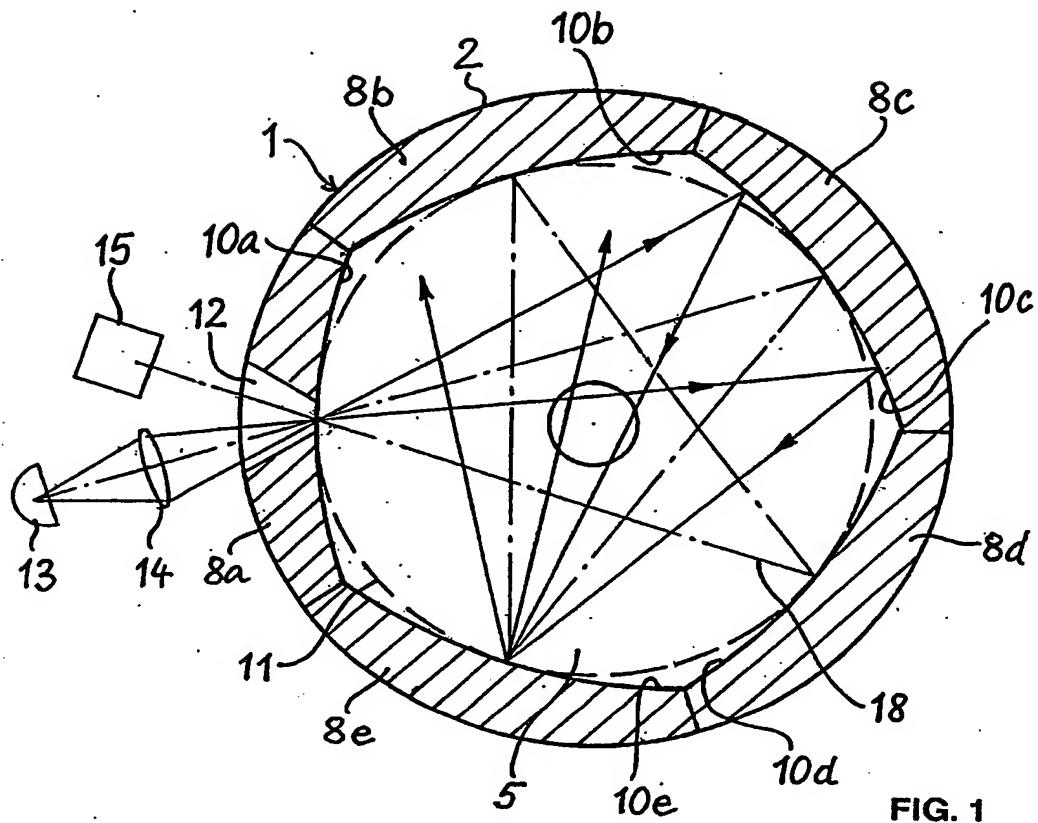


FIG. 1

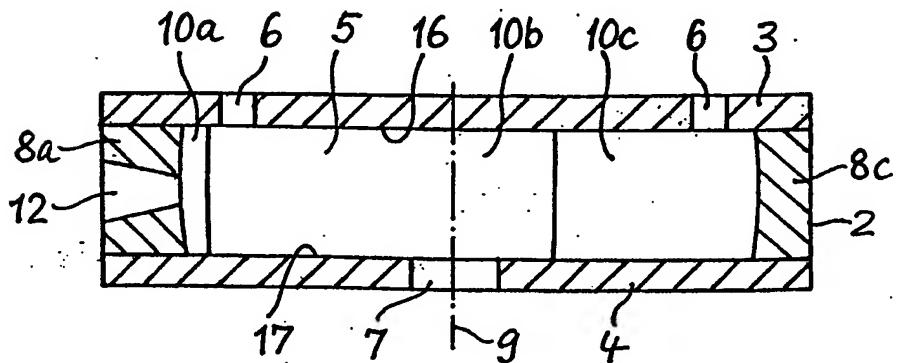


FIG. 2

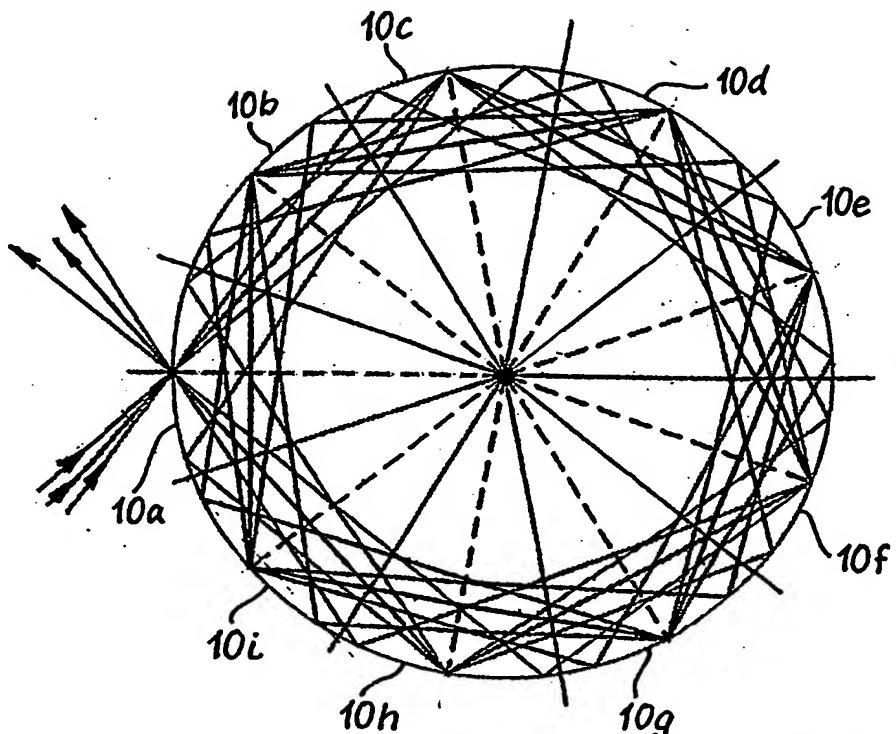


FIG. 3

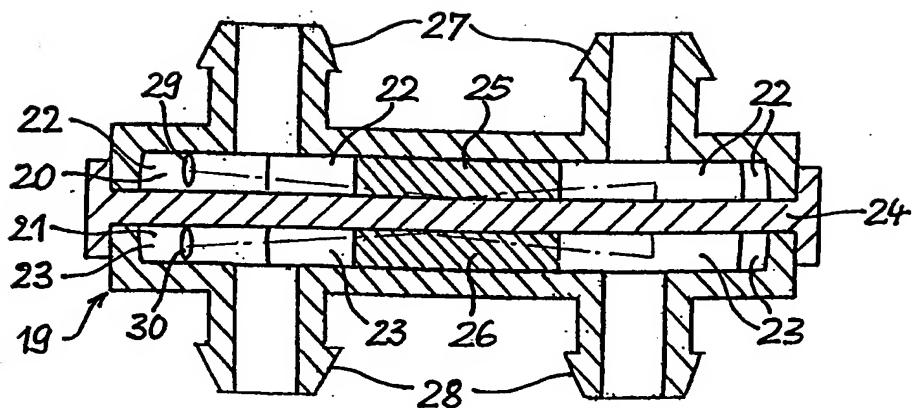


FIG. 4